

D2

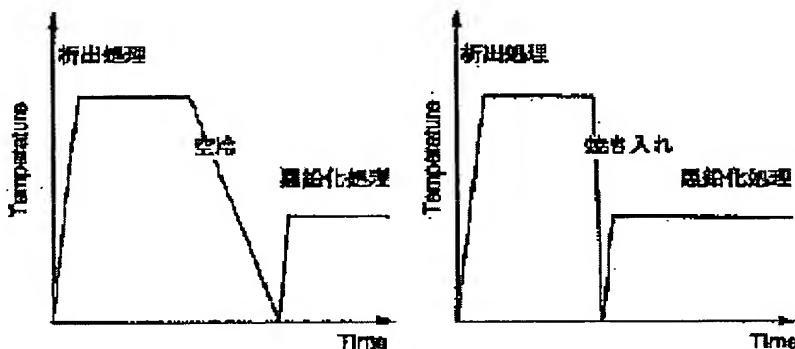
**MicroPatent® PatSearch Fulltext: Record 1 of 2**

Reference: brazing

Search scope: US Granted US Applications EP-A EP-B WO JP (bibliographic data only) DE-C,B DE-A DE-T DE-U GB-A FR-A

Years: 1836-2004

Patent/Publication No.: ((JP11246940)) OR ((JP07258792))

[Order This Patent](#)[Family Lookup](#)[Find Similar](#)[Legal Status](#)[Go to first matching text](#)

JP11246940 A
HYPO-EUTECTOID STEEL WITH DISPERSED FINE GRAPHITE STRUCTURE, AND
ITS PRODUCTION
AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a hypo-eutectoid steel with dispersed fine spheroidal graphite structure, having high strength and excellent workability and machinability, by making fine TiC function as a nucleation site of graphite. SOLUTION: The hypo-eutectoid steel having dispersed fine spheroidal

Best Available Copy

graphite structure is a composition containing 0.5-1.5% Si, $\leq 0.65\%$ 0.04-0.5% Ti. A stock (ingot) having this composition is heat-treated at 750 to 1,300°C for 0.5 to 10 hr, water-quenched to precipitate fine TiC in a matrix, and further heat-treated at $\leq 740^\circ\text{C}$ for 1 to 100 hr to undergo graphitization treatment for growing graphite by the use of TiC as a nucleation site, by which the hypo-eutectoid steel having dispersed fine spheroidal graphite structure can be produced.

Inventor(s):

OIKAWA MASANARI
ABE TOSHIHIKO
WASHIMI SHINICHI

Application No. 10067900 JP10067900 JP, Filed 19980302, A1 Published 19990914

Int'l Class: C22C03800

C21D00600 C22C03814

Patents Citing This One No US, EP, or WO patent/search reports have cited this patent.

[Home](#)[Search](#)[List](#)[First](#)[Prev](#)[Next](#)[Last](#)

For further information, please contact:

[Technical Support](#) | [Billing](#) | [Sales](#) | [General Information](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-246940

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月14日

(51) Int.Cl.⁶

C 2 2 C 38/00

C 2 1 D 6/00

C 2 2 C 38/14

識別記号

3 0 1

F I

C 2 2 C 38/00

C 2 1 D 6/00

C 2 2 C 38/14

3 0 1 M

J

審査請求 有 請求項の数 7 F D (全 20 頁)

(21) 出願番号

特願平10-67900

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月2日

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 及川 勝成

宮城県仙台市宮城野区苦竹4丁目2番1号

東北工業技術研究所内

(72) 発明者 阿部 利彦

宮城県仙台市宮城野区苦竹4丁目2番1号

東北工業技術研究所内

(72) 発明者 筈見 新一

宮城県仙台市宮城野区苦竹4丁目2番1号

東北工業技術研究所内

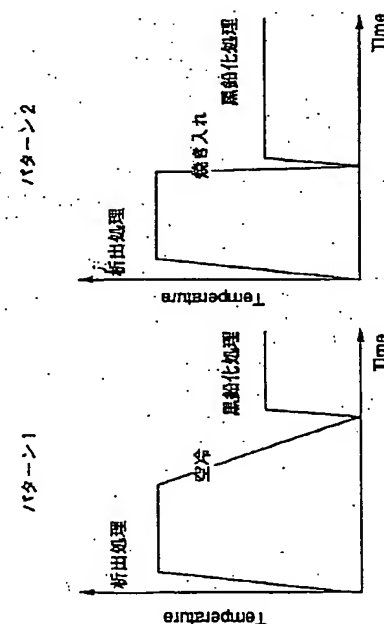
(74) 復代理人 弁理士 小越 勇 (外1名)

(54) 【発明の名称】 分散微細黒鉛組織を備えた亜共析鋼およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 微細T i Cを黒鉛の核生成サイトとして機能させ、高い強度と良好な加工性および快削性をもつ分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼を得る。

【解決手段】 S i 0. 5～1. 5%、C 0. 65%以下、T i 0. 04～0. 5%を含有する分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼および該組成の素材（インゴット）を750° C～1300° Cで0. 5～10時間熱処理し、これを水焼入れして微細T i Cをマトリックス中に析出させた後、さらに740° C以下の温度で1～100時間熱処理しT i Cを核生成サイトに黒鉛を成長させる黒鉛化処理を施して分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼を製造する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si 0.5～1.5%、 C 0.65%以下、 Ti 0.04～0.5%を含有することを特徴とする分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼。

【請求項2】 微細 TiC が黒鉛の核生成サイトとして機能していることを特徴とする請求項1記載の亜共析鋼。

【請求項3】 平均サイズが $1\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ の黒鉛がマトリックスに分散した組織を持つことを特徴とする請求項1または2記載の亜共析鋼。

【請求項4】 平均サイズが $1\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ の黒鉛がマトリックス中に $30\sim 6500$ 個/ mm^2 分散した組織を持つことを特徴とする請求項3記載の亜共析鋼。

【請求項5】 セメントライトが消失し、フェライトマトリックス中に黒鉛が分散した組織を有することを特徴とする請求項1～4項記載の亜共析鋼。

【請求項6】 Si 0.5～1.5%、 C 0.65%以下、 Ti 0.04～0.5%を含有する亜共析鋼成分組成の素材を 750°C ～ 1300°C で0.5～10時間熱処理し、これを水焼入れして微細 TiC をマトリックス中に析出させたことを特徴とする亜共析鋼の製造方法。

【請求項7】 水焼入れ後、 740°C 以下の温度で1～100時間熱処理し TiC を核生成サイトとして黒鉛を成長させる黒鉛化処理を施したことを特徴とする請求項6記載の分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼の製造方法。

【請求項8】 600°C 以下の温度で黒鉛化処理を施すことを特徴とする請求項7記載の亜共析鋼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、高い強度と良好な加工性および被削性を有する分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、快削性を持つ鋼材料として鉛快削鋼が用いられているが、 Pb が含有されているため環境汚染問題が注視され、最近では使用が規制されるようになってきた。このようなことから鉛快削鋼の替りとなる環境問題が発生しない新たな鉄鋼材料の開発が進められている。このような中で快削性を持つ鉄鋼材料として黒鉛を分散した材料が知られているが、従来考えられてきた黒鉛鋼は被削性が向上するけれども強度や加工性などの機械的性質が劣るので、快削鋼として十分な特性をもつ材料とは言えなかった。このため、快削性と良好な機械的性質をもつ微細黒鉛が均一に分散した黒鉛鋼の開発が期待されている。

【0003】一般に、過共析組成の高炭素鋼では黒鉛化が進行し易くなることが知られている。特に、1%以上

の黒鉛を添加した場合には顕著に黒鉛化が促進するという技術報告がなされている（資料1：佐藤知雄外1名著「黒鉛鋼の研究（第1報）黒鉛鋼に及ぼす Si の影響」日本金属学会誌1956年20巻5～9頁参照）。また、同様に高炭素鋼では焼き入れや冷間加工あるいは Al 、 Si 、 Ni 、 Ti 、 Zr 、 B などを添加すると黒鉛化を促進するという報告もある（資料2：山中直道外1名著「高炭素鋼の黒鉛化機構についての考察」鉄と鋼1962年8号946～953頁参照）。なお、この資料の中で Ti の添加による作用としては、セメントライトに対する Ti の固溶量は微量で、特殊炭化物 TiC を形成しやすいため、セメントライトの安定化作用よりも、 Ti による脱窒作用の影響が大きくあらわれて黒鉛化が促進されるという説明がなされている。しかし、これらの例はいずれも高炭素鋼であり、強度と良好な加工性を得ようとするならば C 濃度が0.7%以下の亜共析鋼である必要がある。したがって、上記の例は快削鋼としては満足いくものではなく、いずれも適合しない。そして、逆に亜共析鋼では上記のような黒鉛化が難しく、熱処理や合金添加による黒鉛化の挙動もよく知られていないのが現状である。

【0004】上記資料1にも示すように、黒鉛化を促進させる元素として Si が添加されるが、この添加量が多くなると固溶硬化により延性が著しく低下するため、1.5%以下の添加に抑えることが望ましいと考えられている。このような中で亜共析鋼に Si と Ni または Si と Co を共添加して黒鉛化現象を説明した報告がなされている（資料3：末吉秀一外1名著「亜共析鋼の黒鉛化現象とこれにおよぼす合金元素の影響」日本金属学会誌1979年43巻333～339頁）。しかし、 Ni または Co を含有する材料はリサイクル性が劣り、またこのような添加元素が比較的高価な材料であることを考えると有効な手段とは言えず、また安定かつ再現性よく微細黒鉛を分散させた亜共析鋼の製造技術が確立しているとは言えない。

【0005】高炭素鋼では黒鉛化処理の前に冷間加工を行なうと黒鉛化が進行するということが知られている。このような方法の一つとして亜共析鋼を用いて低炭素鋼並みの柔らかさと延性を持つようにするという報告もある（資料4：ATUKI OKAMOTO著「Graphite Formation in High-Purity Cold-Rolled Carbon Steels」METALLURGICAL TRANSACTIONS A, VOLUME 20A, OCTOBER 1989, P.1917-1925）。この方法はセメントライトが分断されるまで冷間圧延を施し、その分断された間隙（ボイド）が黒鉛化のサイトになると考えられている。しかし、この例ではセメントライトを分断させるために冷間加工性が悪い状態で20%以上の苛酷な冷間加工を必要とするなどの問題があり、安定した製造方法とは言えない。

【0006】さらに、0.53% C 鋼に B 、 Al および La 、 Ce などの希土類金属（REM）を添加し黒鉛化

を進める方法が提案されている（資料5：岩本外3名著「0.53%C鋼の黒鉛化挙動に及ぼすB、AlおよびREMの影響」CAMP-ISIJ, Vol. 8, 1995年 1378頁）。この方法によれば、黒鉛の平均粒子径を2.7 μ mにすることができたと報告されているので、それなりの効果があると思われるが、この技術においては最も個数の多い黒鉛を実現するためにB-Alの複合添加を必要としており、単独の添加では資料5のFig. 1に示されているように、黒鉛の生成個数はさほど多くない。鋼の製造において少量の添加元素をコントロールすることは簡単なことではないし、また複合添加においてはその影響は大きいので、実用的でないという問題を有している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このようなことから、本発明は微細TiCを黒鉛の核生成サイトとして機能させ、再現性よく、高い生産性をもち、かつ高い強度と良好な加工性および被削性を有する分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼およびその製造方法を得るものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、

- 1 Si 0.5~1.5%、C 0.65%以下、Ti 0.04~0.5%を含有することを特徴とする分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼
- 2 微細TiCが黒鉛の核生成サイトとして機能していることを特徴とする上記1記載の亜共析鋼
- 3 平均サイズが1 μ m~10 μ mの黒鉛がマトリックスに分散した組織を持つことを特徴とする上記1または2記載の亜共析鋼
- 4 平均サイズが1 μ m~10 μ mの黒鉛がマトリックス中に30~6500個/mm²分散した組織を持つことを特徴とする上記3記載の亜共析鋼
- 5 セメントライトが消失し、フェライトマトリックス中に黒鉛が分散した組織を有することを特徴とする上記1~4項記載の亜共析鋼
- 6 Si 0.5~1.5%、C 0.65%以下、Ti 0.04~0.5%を含有する亜共析鋼成分組成の素材を750°C~1300°Cで0.5~10時間熱処理し、これを水焼入れして微細TiCをマトリックス中に析出させたことを特徴とする亜共析鋼の製造方法
- 7 水焼入れ後、740°C以下の温度で1~100時間熱処理しTiCを核生成サイトとして黒鉛を成長させる黒鉛化処理を施したことを特徴とする上記6記載の分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼の製造方法
- 8 600°C以下の温度で黒鉛化処理を施すことを特徴とする上記7記載の亜共析鋼の製造方法を提供する。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明においては、Siの固溶による脆化を防ぐためにSi濃度を1.5%（本明細書で

は全てmass%を意味する。）以下とした。また、鉄鋼材料のリサイクル性を考慮し、リサイクルに問題とならない元素を微量添加し、かつ苛酷な加工を加えることなく微細な黒鉛を亜共析鋼に析出させるものである。通常、鉄鋼材料中に存在する非金属介在物は材料の性質に悪影響を及ぼすことが多いため、これらを除去しようとする研究が行なわれるが、大きさが1 μ m以下の微細な介在物を凝固後の固相変態の核生成サイトとして利用することを中心に研究を進めた。本発明はFeの中で炭化物の形成傾向が最も強い元素の一つであるTiを選択し、TiCを黒鉛の生成サイトとするものである。

【0010】本発明はC濃度が0.3%~0.65%である初析フェライトをもつ亜共析鋼を基本成分とする。Ti濃度はTiCが析出するための最低量として0.04%が必要であり、また黒鉛の量を極端に減少させない量として上限を0.5%とする。すなわち、本発明の亜共析鋼Ti 0.04~0.5%を含有する。Si濃度は黒鉛化を促進させる観点から最低でも0.5%を必要とし、また冷間加工性を向上させまた被削性を向上させるために上限は1.5%とする。

【0011】本発明においては、このような亜共析鋼成分組成の素材を溶製しかつインゴットとした後、熱間圧延しさらに図1のパターン2に示すように、これを750°C~1300°Cで0.5~10時間加熱処理した（1段目の熱処理）後、水焼入れして微細TiCをマトリックス中に析出させる。なおこの場合、後述する比較例に示すように空冷では微細黒鉛の析出は認められない。なお、図1のパターン1は750°C~1300°Cで数時間加熱処理した後空冷しさらに黒鉛化処理（2段目の熱処理）したものの、パターン2は同様に750°C~1300°Cで数時間加熱処理した後水焼入れした後、さらに黒鉛化処理（2段目の熱処理）したものの熱処理履歴の模式図である。

【0012】上記水焼入れ後、740°C以下の温度で1~100時間熱処理し（2段目の熱処理）TiCを核生成サイトとして黒鉛を成長させる黒鉛化処理を行なう。これによってセメントライトが消失し、フェライトマトリックス中に平均サイズが1 μ m~10 μ mの黒鉛が30~6500個/mm²分散した組織を持つ亜共析鋼が得られる。黒鉛のサイズおよび個数はTiおよびCなどの組成ならびに上記熱処理条件によって変化する。したがって、これらを調節することによって、分散した黒鉛のサイズと個数をコントロールする。上記黒鉛化処理は550°C~700°Cの温度で行なうと、より微細化した個数の多い黒鉛の成長がみられる。亜共析鋼のフェライトマトリックス中に平均サイズが1 μ m~10 μ mの黒鉛が30~6500個/mm²分散した組織を持つものが冷間加工性と被削性の向上および強度の向上に最適特性を有する。

【0013】

【実施例および比較例】続いて、本発明を実施例により比較例と対比しながら説明する。基本組成をFe-1%Si-0.5%C (mass%以下同様)とした。また、この基本組成にTiCが析出するように0.05~0.2%Tiを加え、それぞれマグネシアルツボ中で高周波溶解炉を用いて溶製した。なお、使用した各成分については、Fe (99.99%), Si (99.999%), C (99.999%) およびフェロTiを素材とした。直径20mmの棒状インゴットをそれぞれ作製し、1000°Cで10mm厚まで熱間圧延した。さらにこれらから10mm角の熱処理用の試料を切り出した。熱履歴の模式図を図1に示す。まず、各試料についてTiCをオーステナイト状態のマトリックス中に析出させるために、1段目として800°Cおよび1200°Cで2時間熱処理した。この後、各試料についてそれぞれ空冷および水冷焼入れして室温まで冷却後、2段目の熱処理として700°Cおよび550°Cで1~100時間、黒鉛化処理を行なった。これらの処理の空冷はパターン1の場合で、パターン2は水冷焼入れした場合である。

【0014】上記熱処理後、組織を光学顕微鏡及びSEMで組織を観察した。SEM組織の観察の場合は、鏡面研磨後10%ナイトールで表面を腐食した。黒鉛を立体的に観察する場合は、非金属介在物の腐食法に適している定電位電解腐食法を用い、電解液として1%テトラメチルアンモニウム-10%アセチルアセトン-メチルアルコールを用いて表面を腐食した。

【0015】(空冷した試料について：比較例) パターン1に示す履歴で1段目の熱処理を800°Cで2時間、そして2段目の熱処理を700°Cで50時間熱処理した試料の典型的なSEM像を図2(a)および(b)に示す。図2(a)および(b)に示すように、上記の基本組成(Fe-1%Si-0.5%C)およびTiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti)のいずれも黒鉛は生じておらず、フェライトマトリックス中に球状化したセメンタイトが分散した組織であった。上記の場合に、熱処理時間を100時間にしても同様な組織であった。一方、マトリックスのフェライトの粒径はTiを添加した場合の方が小さくなっている。また1段目の熱処理が800°Cの場合と1200°Cの場合とで比較すると、図示しないが800°Cの場合の方がフェライトの粒径が小さくなっていることが分かった。通常、オーステナイトの粒径が小さくなるにつれてフェライトの粒径も小さくなることが知られており、より低温の熱処理の方がオーステナイト粒成長が抑制されるために、フェライト粒径も小さくなったと考えられる。また、Tiの効果についてはTiCによりオーステナイト結晶粒界がピン止めされオーステナイトの粒成長が抑制されることが原因と考えられる。以上については、熱処理条件およびTiの効果(TiC)についての

示唆はあるが、上記の条件での黒鉛の析出は認められなかった。

【0016】(水焼き入れした試料について：実施例) パターン2に示す履歴で1段目の熱処理を800°Cで2時間、そして2段目の熱処理を700°Cで50時間熱処理した試料の典型的なSEM像を図3(a)、(b)および(c)に示す。図3(a)に示すように、基本組成(Fe-1%Si-0.5%C)では黒鉛は生じておらず、フェライトマトリックス中に球状化したセメンタイトが分散した組織であった。また、図示しないが100時間の熱処理によっても黒鉛は析出しなかった。しかし、図3(b)に示すように、0.05%Tiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti)ではフェライトマトリックス中に5~10μm程度の黒鉛が分散した組織となっている。また、図3(c)に示すように、さらに0.2%Tiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.2%Ti)では、黒鉛の大きさが3μm程度まで微細化した。

【0017】上記0.05%Tiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti)について、2段目の熱処理時間を(a)焼き入れ直後、(b)5時間、(c)10時間、(d)20時間、(e)30時間、(f)50時間と変化させた場合の黒鉛の生成過程を図4(a)-(f)に示す。図4(a)-(f)から明らかなように、5時間の段階(b)で一部黒鉛化が生じており、その後熱処理時間が長くなるにつれて、黒鉛が徐々に成長し粗大化していく傾向にあり、逆にセメンタイトが減少していくのが分かる。30時間ではセメンタイトが完全に消失し、フェライトマトリックス中に黒鉛が分散した組織となっている。そして、このことは黒鉛の発生メカニズムがセメンタイトの分解によるものではなく、核生成-成長によるものであることを示している。

【0018】上記0.05%Tiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti)について、パターン2に示す履歴で1段目の熱処理を800°Cで2時間、そして2段目の熱処理を700°Cで5時間熱処理した試料を定電位電解腐食法を用いてマトリックスを腐食し、黒鉛を立体的に観察したSEM像を図5(a)および(b)に示す。図5(a)では左上方に存在する1μm以下の立方体状のTiCから右方に向かって3~5μm程度の2個の黒鉛が成長しており、また図5(b)ではほぼ中央に位置する立方体状のTiCから黒鉛が下方に向かって成長している。このように、TiCが黒鉛の核生成サイトとして機能していることを示している。Ti濃度が増加するにつれ黒鉛粒径が小さくなった原因としては、TiCの数が増加することにより黒鉛の核発生数も増加したためと考えられる。なお、図5(a)および(b)の下方に存在する複数の小豆状の粒はセメンタイト(Fe₃C)である。

【0019】0.05%Tiを加えた試料(Fe-1%

Si-0.5% C-0.05% Ti) および 0.2% Ti を加えた試料 (Fe-1% Si-0.5% C-0.2% Ti) について、パターン2に示す履歴で1段目の熱処理を800°Cで2時間、そして2段目の熱処理を低温の550°Cで30時間熱処理した時のSEM像を図6(a)および(b)に示す。0.05% Ti を加えた試料でも、すでに黒鉛の大きさが約3μm程度となり、そして0.2% Ti を加えた試料ではさらに微細化し、黒鉛の大きさが約2μm程度となっている。このことからパターン2に示す履歴で2段目の熱処理を550°C (600°C以下) の温度で黒鉛化処理を施すことがより好適であることが分かる。

【0020】上記については基本成分としてFe-1% Si-0.5% Cの例を示したが、Si 0.5~1.5%、C 0.65%以下の範囲において同様な黒鉛の生成過程を示した。上記において、析出処理すなわち1段目の熱処理を800°Cで2時間実施したが、750°C~1300°Cで0.5~10時間の範囲で熱処理することによりTiCを効果的に析出させることができる。上記の通り、パターン2に示す履歴で1段目の熱処理を750°C~1300°Cで0.5~10時間の熱処理、2段目の熱処理を水焼入れ後、740°C以下の温度、好ましくは600°C以下の温度で1~100時間の熱処理による黒鉛化処理を施すことにより、セメンタ

イトが消失しフェライトマトリックス中に平均サイズが1μm~10μmの黒鉛が30~6500個/mm²分散した組織を持つ亜共析鋼が得られた。

【0021】

【発明の効果】本発明は、微細TiCを黒鉛の核生成サイトとして機能させ、安定かつ再現性よく微細黒鉛を分散させて、材料のリサイクル性がよく、高い生産性を持ち、かつ高い強度と良好な加工性および快削性を持つ分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼およびその製造方法を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】析出処理と黒鉛化処理の熱履歴を示す模式図である。

【図2】パターン1の熱処理をした試料のSEM像である。

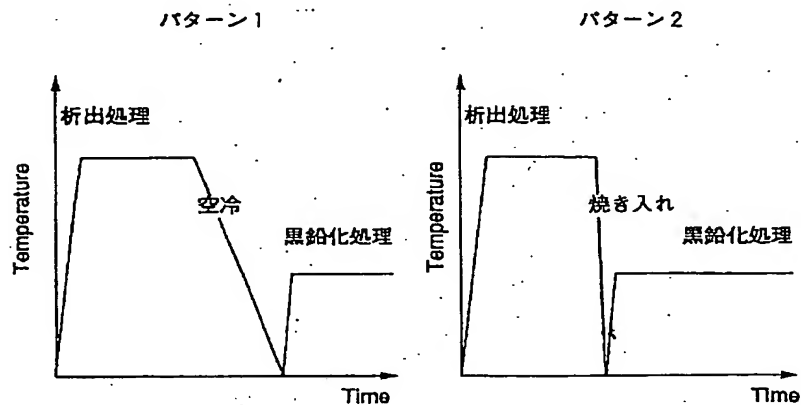
【図3】パターン2の熱処理をした試料のSEM像である。

【図4】Fe-1% Si-0.5% C-0.05% Ti をパターン2の熱処理をした時の黒鉛組織の変化を示すSEM像である。

【図5】Fe-1% Si-0.5% C-0.05% Ti をパターン2の熱処理をした試料を定電位電解腐食した表面のSEM像である。

【図6】550°Cで黒鉛化した時のSEM像である。

【図1】

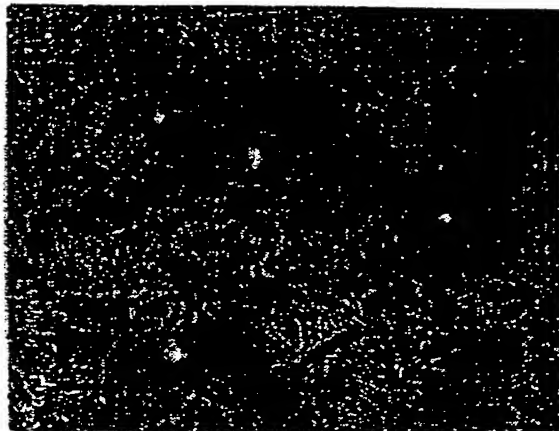


【図2】

図面代用写真

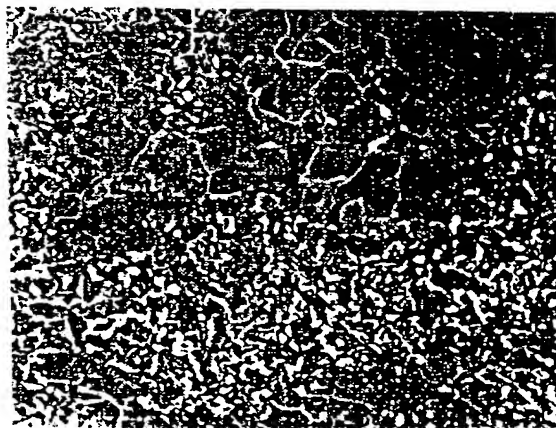
パターン1の熱処理をした試料のSEM像

(a) Fe-1%Si-0.5%C



— 20 μ m

(b) Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti



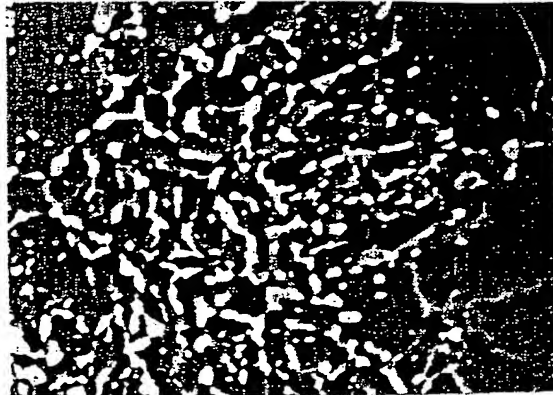
— 20 μ m

【図3】

図面代用写真

パターン2の熱処理をした試料のSEM像

(a) Fe-1%Si-0.5%C



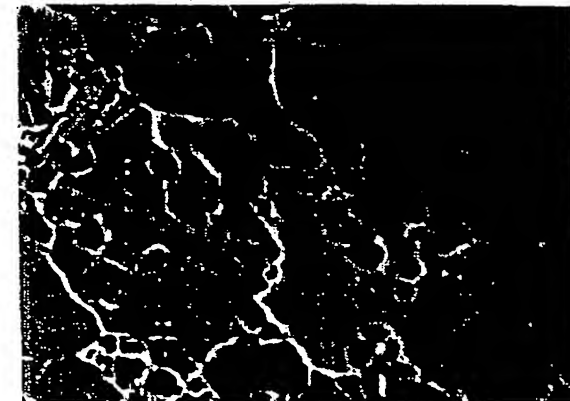
—
10 μ m

(b) Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti



—
10 μ m

(c) Fe-1%Si-0.5%C-0.2%Ti



—
10 μ m

【図5】

図面代用写真

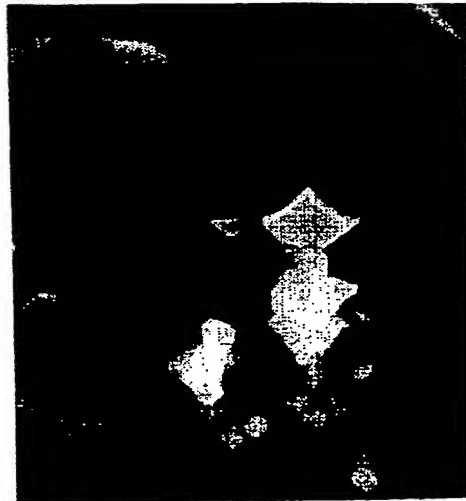
Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2
の熱処理をした試料を定電位電解腐食した表面のSEM像

(a)



— 2.5 μm

(b)



— 2.0 μm

【図6】

図面代用写真

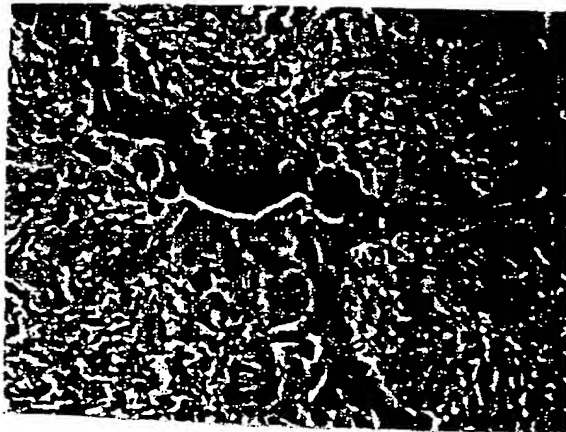
550°Cで黒鉛化処理した時のSEM像

(a) Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti



— 10 μ m

(b) Fe-1%Si-0.5%C-0.2%Ti



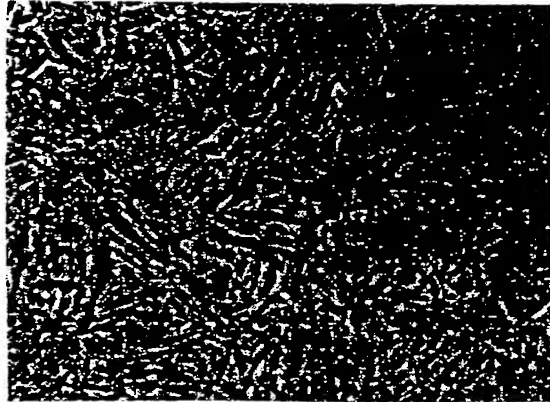
— 10 μ m

【図4】

図面代用写真

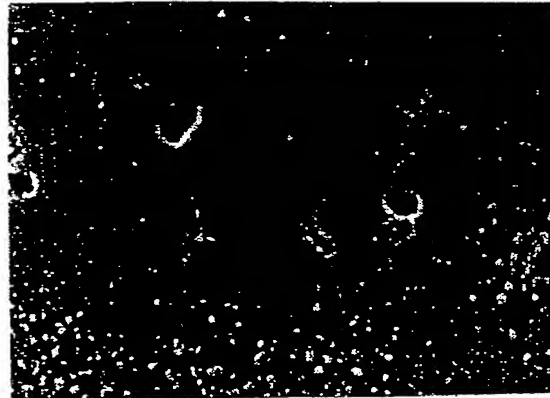
Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2
の熱処理をした時の黒鉛組織の変化（5～50時間熱処理）

(a)
焼入れ直後



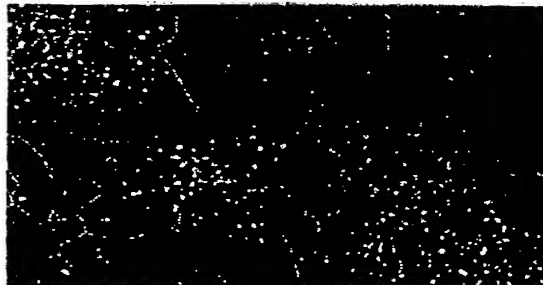
10 μ m

(b)
5時間



10 μ m

(c)
10時間

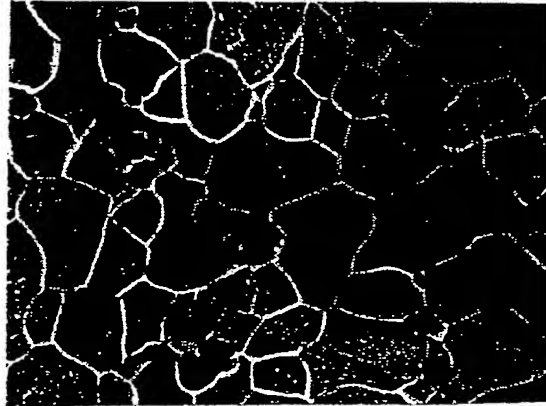


【図4】

図面代用写真

Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2
の熱処理をした時の黒鉛組織の変化（5～50時間熱処理）

(d)
20時間



—
20 μ m

(e)
30時間



—
20 μ m

(f)
50時間



【手続補正書】

【提出日】平成10年6月15日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】上記0.05%Tiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti)について、2段目の熱処理時間を(a)焼き入れ直後、(b)5時間、(c)10時間、(d)20時間、(e)30時間、(f)50時間と変化させた場合の黒鉛の生成過程を図4(a)-(c)および図5(d)-(f)に示す。図4(a)-(c)および図5(d)-(f)から明らかなように、5時間の段階(b)で一部黒鉛化が生じており、その後熱処理時間が長くなるにつれて、黒鉛が徐々に成長し粗大化していく傾向にあり、逆にセメントタイトが減少していくのが分かる。30時間ではセメントタイトが完全に消失し、フェライトマトリックス中に黒鉛が分散した組織となっている。そして、このことは黒鉛の発生メカニズムがセメントタイトの分解によるものではなく、核生成-成長によるものであることを示している。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】上記0.05%Tiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti)について、パターン2に示す履歴で1段目の熱処理を800°Cで2時間、そして2段目の熱処理を700°Cで5時間熱処理した試料を定電位電解腐食法を用いてマトリックスを腐食し、黒鉛を立体的に観察したSEM像を図6(a)および(b)に示す。図6(a)では左上方に存在する1μm以下の立方体状のTiCから右方に向かって3~5μm程度の2個の黒鉛が成長しており、また図6

(b)ではほぼ中央に位置する立方体状のTiCから黒鉛が下方に向かって成長している。このように、TiCが黒鉛の核生成サイトとして機能していることを示している。Ti濃度が増加するにつれ黒鉛粒径が小さくなった原因としては、TiCの数が増加することにより黒鉛の核発生数も増加したためと考えられる。なお、図6(a)および(b)の下方に存在する複数の小豆状の粒はセメントタイト(Fe₃C)である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】0.05%Tiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti)および0.2%Tiを加えた試料(Fe-1%Si-0.5%C-0.2%Ti)について、パターン2に示す履歴で1段目の熱処理を800°Cで2時間、そして2段目の熱処理を低温の550°Cで30時間熱処理した時のSEM像を図7(a)および(b)に示す。0.05%Tiを加えた試料でも、すでに黒鉛の大きさが約3μm程度となり、そして0.2%Tiを加えた試料ではさらに微細化し、黒鉛の大きさが約2μm程度となっている。このことからパターン2に示す履歴で2段目の熱処理を550°C(600°C以下)の温度で黒鉛化処理を施すことがより好適であることが分かる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】析出処理と黒鉛化処理の熱履歴を示す模式図である。

【図2】パターン1の熱処理をした試料のSEM像である。

【図3】パターン2の熱処理をした試料のSEM像である。

【図4】Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2の熱処理をした(5~10時間)時の黒鉛組織の変化を示すSEM像である。

【図5】Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2の熱処理をした(20~50時間)時の黒鉛組織の変化を示すSEM像である。

【図6】Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2の熱処理をした試料を定電位電解腐食した表面のSEM像である。

【図7】550°Cで黒鉛化した時のSEM像である。

【手続補正5】

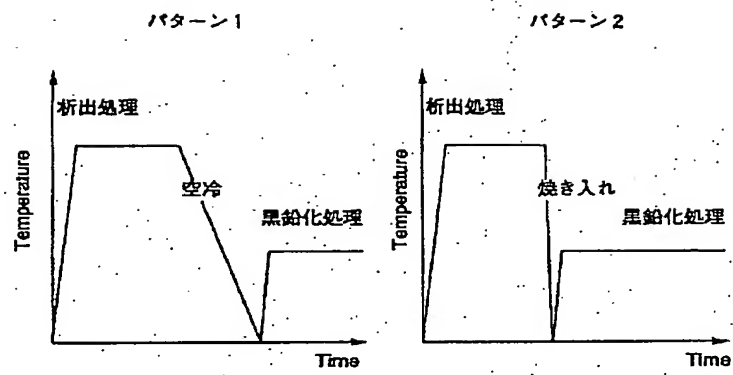
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 1】

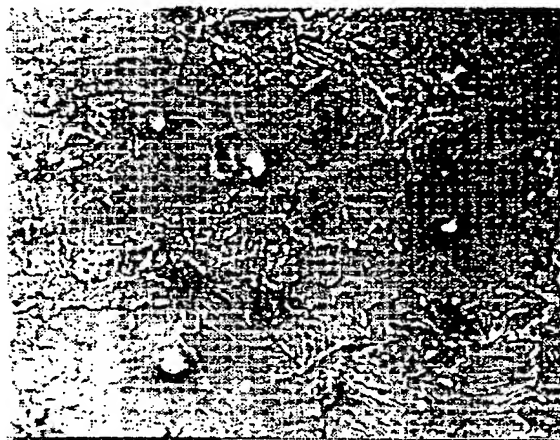


【図2】

パターン1の熱処理をした試料のSEM像

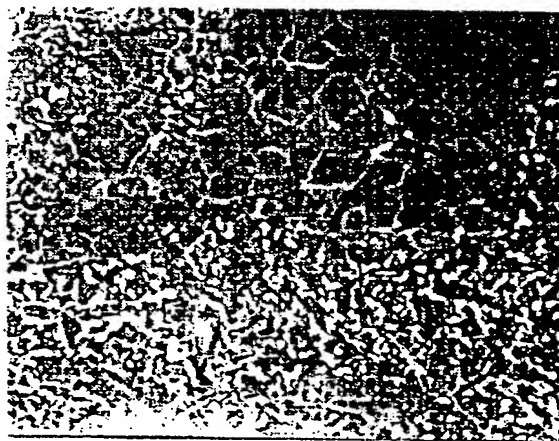
図面代用写真

(a) $\text{Fe}-1\%\text{Si}-0.5\%\text{C}$



20 μm

(b) $\text{Fe}-1\%\text{Si}-0.5\%\text{C}-0.05\%\text{Ti}$



20 μm

【図3】

パターン2の熱処理をした試料のSEM像

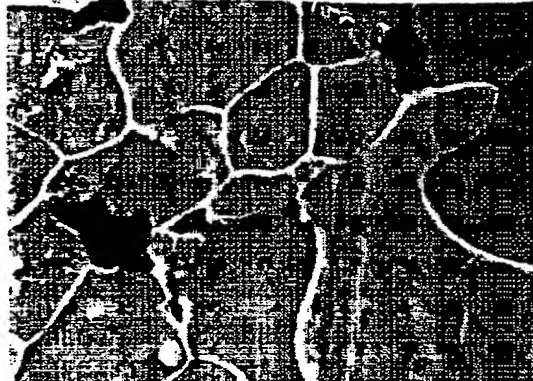
図面代用写真

(a) Fe-1%Si-0.5%C



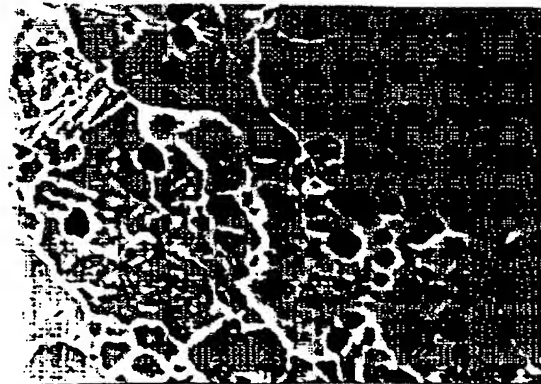
10 μ m

(b) Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti



10 μ m

(c) Fe-1%Si-0.5%C-0.2%Ti

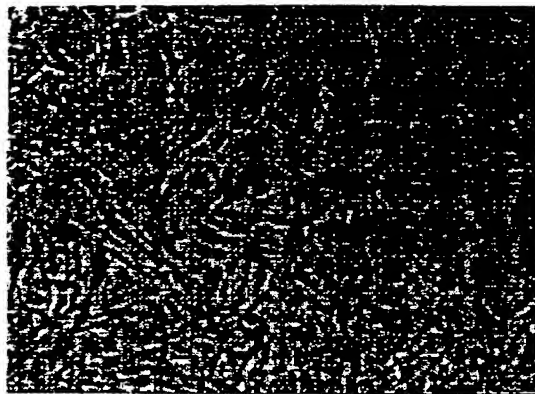


10 μ m

Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2
の熱処理をした時の黒鉛組織の変化(5~10時間熱処理)

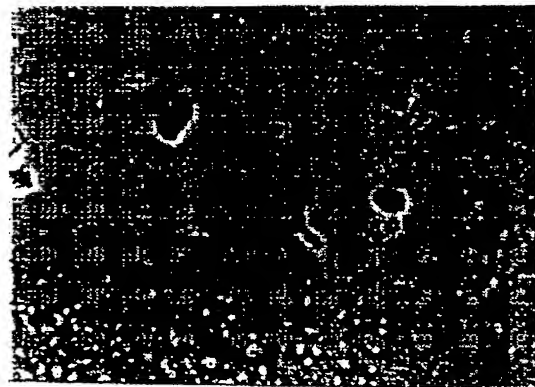
図面代用写真

(a)
焼入れ直後



10 μ m

(b)
5 時間



10 μ m

(c)
10 時間

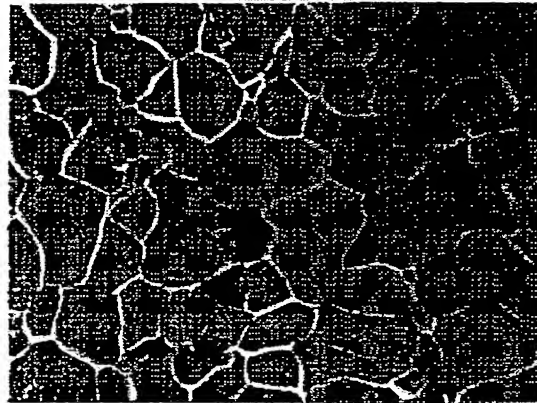


20 μ m

Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2
の熱処理をした時の黒鉛組織の変化(20~50時間熱処理)
図面代用写真

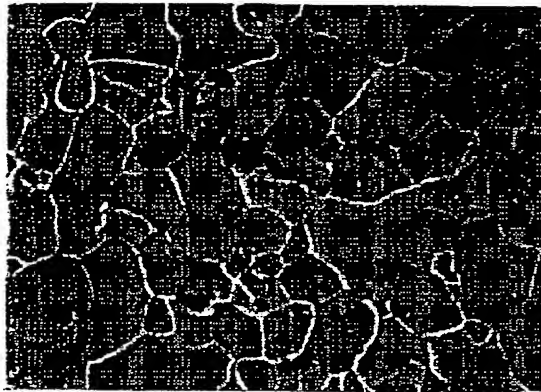
(d)

20時間

20 μm

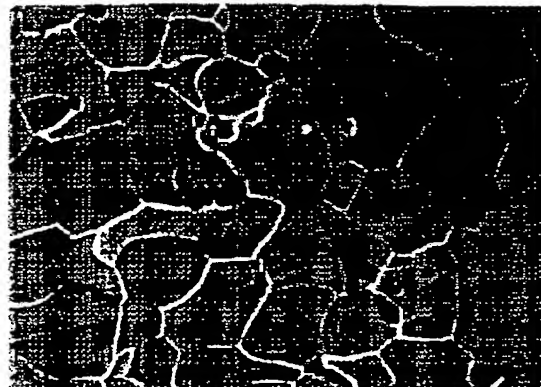
(e)

30時間

20 μm

(f)

50時間

20 μm

【図6】

Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Tiをパターン2
の熱処理をした試料を定電位電解腐食した表面のSEM像

図面代用写真

(a)



2.5 μm

(b)



2.0 μm

【図7】

550°Cで黒鉛化処理した時のSEM像

(a) Fe-1%Si-0.5%C-0.05%Ti

図面代用写真



10 μ m

(b) Fe-1%Si-0.5%C-0.2%Ti



10 μ m

【手続補正書】

【提出日】平成11年1月26日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si 0.5～1.5%、C 0.65%以下、Ti 0.04～0.5%を含有し、微細TiCが黒鉛の核生成サイトとして機能していることを特徴とする分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼。

【請求項2】 平均サイズが1μm～10μmの黒鉛がマトリックスに分散した組織を持つことを特徴とする請求項1記載の亜共析鋼。

【請求項3】 平均サイズが1μm～10μmの黒鉛がマトリックス中に30～6500個/mm²分散した組織を持つことを特徴とする請求項2記載の亜共析鋼。

【請求項4】 セメントライトが消失し、フェライトマトリックス中に黒鉛が分散した組織を有することを特徴とする請求項1～3記載の亜共析鋼。

【請求項5】 Si 0.5～1.5%、C 0.65%以下、Ti 0.04～0.5%を含有する亜共析鋼成分組成の素材を750℃～1300℃で0.5～10時間熱処理し、これを水焼入れして微細TiCをマトリックス中に析出させたことを特徴とする亜共析鋼の製造方法。

【請求項6】 水焼入れ後、740℃以下の温度で1～100時間熱処理してTiCを核生成サイトとして黒鉛を成長させる黒鉛化処理を施したことを特徴とする請求項5記載の分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼の製造方法。

【請求項7】 600℃以下の温度で黒鉛化処理を施すことを特徴とする請求項6記載の亜共析鋼の製造方法。

法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、

1 Si 0.5～1.5%、C 0.65%以下、Ti 0.04～0.5%を含有し、微細TiCが黒鉛の核生成サイトとして機能していることを特徴とする分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼

2 平均サイズが1μm～10μmの黒鉛がマトリックスに分散した組織を持つことを特徴とする上記1記載の亜共析鋼

3 平均サイズが1μm～10μmの黒鉛がマトリックス中に30～6500個/mm²分散した組織を持つことを特徴とする上記2記載の亜共析鋼

4 セメントライトが消失し、フェライトマトリックス中に黒鉛が分散した組織を有することを特徴とする上記1～3記載の亜共析鋼

5 Si 0.5～1.5%、C 0.65%以下、Ti 0.04～0.5%を含有する亜共析鋼成分組成の素材を750℃～1300℃で0.5～10時間熱処理し、これを水焼入れして微細TiCをマトリックス中に析出させたことを特徴とする亜共析鋼の製造方法

6 水焼入れ後、740℃以下の温度で1～100時間熱処理してTiCを核生成サイトとして黒鉛を成長させる黒鉛化処理を施したことを特徴とする上記5記載の分散微細球状黒鉛組織を備えた亜共析鋼の製造方法

7 600℃以下の温度で黒鉛化処理を施すことを特徴とする上記6記載の亜共析鋼の製造方法

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USP10)